



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 02 556 A 1**

⑦1 Aktenzeichen: 199 02 556.8  
⑦2 Anmeldetag: 22. 1. 1999  
④3 Offenlegungstag: 27. 7. 2000

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 62 D 5/00**  
B 62 D 5/04  
B 62 D 5/30  
B 62 D 5/22  
B 62 D 3/12  
B 62 D 7/20

DE 199 02 556 A 1

⑦1 Anmelder:  
Mercedes-Benz Lenkungen GmbH, 40476  
Düsseldorf, DE

⑦4 Vertreter:  
LENZING GERBER Patentanwälte, 40470  
Düsseldorf

⑦2 Erfinder:  
Steinmeier, Nicole, 70736 Fellbach, DE; Vohmann,  
Martin, 73730 Esslingen, DE; Speidel, Gerd, 73650  
Winterbach, DE; Bidner, Michael, 70806  
Kornwestheim, DE; Kirchner, Franz, 72654  
Neckartenzlingen, DE; Hermann, Jochen, 73342  
Bad Ditzgenbach, DE; Pluschke, Albrecht, 71364  
Winnenden, DE

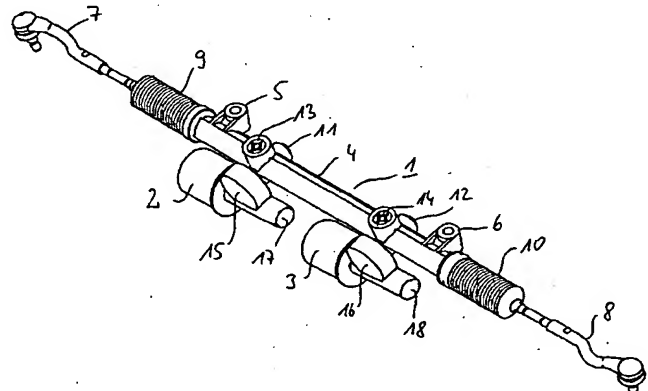
⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE	196 03 270 C1
DE	197 54 258 A1
DE	196 08 414 A1
DE	196 03 568 A1
DE	42 32 256 A1
US	47 41 409

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Lenkgetriebe mit redundantem Antrieb

⑤7 Die Erfindung betrifft eine Kraftfahrzeuglenkung mit  
zwei auf eine gemeinsame Zahnstange 4 wirkenden Stell-  
motoren 2, 3, wobei die Stellmotoren 2, 3 über jeweils ein  
separates Ritzel mit der Zahnstange 4 in Eingriff stehen.  
Hierdurch ergibt sich eine kompakte Bauweise, die an un-  
terschiedliche Montagepositionen anzupassen ist.



DE 199 02 556 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Kraftfahrzeuglenkung mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

Eine derartige Kraftfahrzeuglenkung ist aus der DE 42 32 256 A1 bekannt. Dort ist eine Kraftfahrzeuglenkung mit elektrischem Antrieb der Zahnstange dargestellt, die zwei Stellmotoren aufweist. Die Stellmotoren wirken über eine gemeinsame Motorwelle auf ein einzelnes Ritzel, das über ein nicht näher dargestelltes Getriebe die Zahnstange antreibt. Die beiden Elektromotoren arbeiten als Siellantrieb für die Lenkung und sind doppelt vorhanden, so daß bei Ausfall eines Elektromotors der andere Elektromotor den Antrieb übernehmen kann. Eine mechanische Kopplung zwischen der Lenksäule und dem Lenkgetriebe ist bei der Ausführungsform mit zwei Stellmotoren nicht vorgesehen.

Bei dieser Bauform ist nachteilig, daß die Motoren zwangsläufig in einer gemeinsamen Baugruppe angeordnet sein müssen und das gemeinsame Antriebsritzel für die Übertragung der gesamten Antriebsleistung der Lenkung ausgelegt sein muß. Dadurch wird sowohl die gemeinsame Baugruppe als auch das Ritzel selbst relativ groß dimensioniert. Große Baugruppen sind jedoch von Nachteil, wenn bei der Konstruktion eines Kraftfahrzeugs eine gute Raumausnutzung angestrebt wird.

Es ist deshalb Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Kraftfahrzeuglenkung zu schaffen, die weniger sperrig ausgeführt ist. Darüber hinaus ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Kraftfahrzeuglenkung mit kleiner dimensionierten Antriebsritzeln zu schaffen.

Diese Aufgabe wird von einer Kraftfahrzeuglenkung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Weil die Stellmotoren über jeweils ein separates Ritzel mit der Zahnstange in Eingriff stehen, können die Stellmotoren in nahezu beliebigen Positionen am Lenkgetriebe unabhängig voneinander angeordnet werden. Das dem jeweiligen Stellmotor zugeordnete Ritzel kann kleiner ausgelegt werden, weil es lediglich die Antriebsleistung eines Stellmotors abgeben und nur bei Ausfall eines Motors das andere Ritzel kurzzeitig ein größeres Moment übertragen muß. Von der Regelung und dem Installationsaufwand her ist es vorteilhaft, wenn die Stellmotoren Elektromotoren sind. Eine erfindungsgemäße Kraftfahrzeuglenkung kann aber auch mit anderen Stellmotoren, beispielsweise mit hydraulischen Motoren realisiert werden. Es ist weiter von Vorteil, wenn jedem Stellmotor ein separates Gehäuse zugeordnet ist. Dann wird insbesondere bei kompakten Motoren mit relativ hoher Leistung die erforderliche Wärmeabfuhr vereinfacht.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform sieht für Fahrzeuge mit elektronischen Fahrdynamikregelungen oder Stabilitätsregelungen vor, daß eines der beiden Ritzel mit einer Lenksäule des Kraftfahrzeugs mechanisch zwangsgekoppelt ist. Hierdurch ergibt sich eine direkte Einwirkungsmöglichkeit des Fahrers auf die Lenkung sowie eine Rückwirkung der Lenkreaktionskräfte auf das Lenkrad, wodurch der Fahrer Informationen über den jeweiligen Fahrzustand erhält. Wenn beide Ritzel zur mechanischen Zwangskopplung mit einer Lenksäule vorbereitet sind, kann eine identische Lenkung für rechts- und linksgesteuerte Fahrzeuge verwendet werden. Je nach Auslegung des Kraftfahrzeugs wird dann die Lenksäule an dem einen oder dem anderen Ritzel angeschlossen.

Es ist im Betrieb von Vorteil, wenn die Stellmotoren gleichzeitig wirken und vorzugsweise im zeitlichen Mittel die erforderliche Antriebsleistung zu gleichen Teilen erbringen. Dann werden beide Stellmotoren gleichmäßig beansprucht, und beim plötzlichen Ausfall eines Stellmotors ist

der andere Stellmotor bereits in Betrieb, so daß lediglich seine Antriebsleistung erhöht werden muß, um den ausgefallenen anderen Stellmotor zu kompensieren. Eine relativ kleine Auslegung der Stellmotoren wird möglich, wenn die Stellmotoren jeweils so dimensioniert sind, daß ein einzelner Stellmotor die im Betrieb erforderliche maximale Antriebsleistung, beispielsweise beim Einparken, nicht oder nicht dauerhaft erzeugen kann. Der bei Ausfall eines Stellmotors verbleibende andere Stellmotor kann dann die beim Fahren auftretenden, relativ geringen Antriebsleistungen ohne weiteres erbringen, er ist jedoch aufgrund seiner geringen Dimensionierung möglicherweise nicht in der Lage, eine Lenkung bei stehendem Kraftfahrzeug bis zum Anschlag einzuschlagen. Diese Konfiguration hat jedoch den Vorteil, daß die klein dimensionierten Stellmotoren leicht und preiswert sind. Bei einem Ausfall eines Stellmotors kann der jeweils andere Stellmotor vorteilhaft so angesteuert sein, daß er zeitweise die gesamte oder nahezu die gesamte erforderliche Antriebsleistung aufbringt. Der Fahrzeugzustand des Kraftfahrzeugs wird dann durch den Ausfall eines der beiden Stellmotoren nicht beeinflusst. Sofern der Stellmotor nicht für einen Dauerbetrieb mit nur einem Stellmotor dimensioniert ist, kann nach einem Warnhinweis an den Fahrer die Antriebsleistung des jeweiligen Motors auf das im Dauerbetrieb zulässige Maß reduziert werden.

Eine vorteilhafte Ausführungsform sieht vor, daß die Zahnstange zwei Abschnitte aufweist, die zueinander in Längsrichtung der Zahnstange verschieblich, beispielsweise teleskopartig, gelagert sind, wobei jeweils ein Stellmotor mit einem zugeordneten Zahnstangenabschnitt in Eingriff steht. Bei dieser Konfiguration können die gelenkten Räder des Kraftfahrzeugs von den Stellmotoren in gewissem Maße unabhängig voneinander eingeschlagen werden. So können im Fahrbetrieb auftretende Spurfehler, beispielsweise beim Einfedern des Kraftfahrzeugs oder bei eingeschlagener Lenkung, kompensiert werden. Hierfür ist in der Praxis eine relativ geringe Verschieblichkeit der Zahnstangenabschnitte zueinander ausreichend. Eine vorteilhafte Ausführungsform ergibt sich dabei, wenn die Zahnstangenabschnitte eine Kupplung aufweisen, die im eingerückten Zustand die Abschnitte starr verbindet. Bei eingerückter Kupplung ist dann die Geometrie einer herkömmlichen Zahnstangenlenkung gegeben, während die freie Verschieblichkeit der Zahnstangenabschnitte bei ausgerückter Kupplung genutzt werden kann. Die Kupplung wird vorteilhaft so angesteuert, daß sie bei einem Ausfall eines Stellmotors eingerückt wird und dann bei festgelegtem geometrischem Verhältnis der beiden gelenkten Räder zueinander ein Stellmotor beide Radwinkel einstellt.

Im folgenden wird die vorliegende Erfindung anhand der Zeichnung beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 Ein Lenkgetriebe mit zwei separat angeordneten Stellmotoren; sowie

Fig. 2 ein Lenkgetriebe gemäß Fig. 1 mit zwei relativ zueinander bewegbaren Zahnstangenabschnitten.

Die Fig. 1 zeigt ein Lenkgetriebe 1 mit zwei Stellmotoren 2, 3. Das Lenkgetriebe 1 weist in an sich bekannter Weise ein Lenkgehäuse 4 mit Anschlüssen 5 und 6 zur Befestigung des Lenkgehäuses 4 an der Karosserie auf. Im Innern des langgestreckten, im wesentlichen hohlen zylindrischen Lenkgehäuses 4 ist eine in Richtung der Längsachse verschiebbliche Zahnstange gelagert, die an ihren beiden freien Enden jeweils eine Spurstange 7, 8 trägt. Die Spurstangen 7 und 8 sind wiederum zur Verbindung mit Lenkhebeln jeweils eines Achsschenkels einer gelenkten Fahrzeugachse vorbereitet. Die als Kugelgelenk ausgestaltete Verbindung zwischen der Zahnstange und den Spurstangen 7 und 8 ist von jeweils einem Faltenbalg 9, 10 umgeben und gegen Ver-

schmutzung geschützt. Insoweit entspricht das Lenkgetriebe 1 herkömmlichen Zahnstangenlenkungen. Das Lenkgehäuse 4 trägt im Bereich der Verzahnung der Zahnstange insgesamt zwei voneinander beabstandete Ritzelwellen 11 und 12, die in jeweils zugeordneten Gehäuseabschnitten drehbar gelagert sind. Die Ritzelwellen 11 und 12 stehen in ständigem Eingriff mit der Zahnstange, die im Bereich der Ritzelwellen 11 und 12 durch jeweils ein Druckstück 13, 14 spielfrei gelagert ist. Die Ritzelwellen 11 und 12 sind bei diesem Ausführungsbeispiel im wesentlichen rechtwinklig zu der Längsrichtung der Zahnstange ausgerichtet. Sie stehen ihrerseits über ein Untersetzungsgetriebe 15, 16 mit je einer Motorwelle 17, 18 der Stellmotoren 2, 3 im Eingriff. Die Motorwellen 17, 18 sind bei diesem Ausführungsbeispiel wiederum rechtwinklig zu den Ritzelwellen 11, 12 orientiert, so daß sie im Ergebnis achsparallel zu der Zahnstange angeordnet sind.

In der Fig. 2 ist ein im wesentlichen der Darstellung gemäß Fig. 1 entsprechendes Lenkgetriebe dargestellt. Gleiche Bauelemente tragen gleiche Bezugsziffern.

Das Lenkgetriebe weist bei dieser Ausführung zwei separate Gehäuseabschnitte 20, 21 auf, die jeweils einen darin gelagerten Zahnstangenabschnitt tragen. Die Zahnstangenabschnitte, die in bekannter Weise mit Druckstücken 13, 14 spielfrei an den Ritzelwellen 11, 12 gelagert sind, sind bei diesem Ausführungsbeispiel nicht fest miteinander verbunden. Eine nicht näher dargestellte Verbindung, beispielsweise ein teleskopartiges Geschiebe bei 22 oder eine ähnliche achsverschiebbliche Lagerung kann vorgesehen sein, wobei dieser Lagerung wiederum eine Kupplung zugeordnet sein kann, die die beiden Zahnstangenabschnitte fest miteinander verbindet.

In der Praxis arbeiten die insoweit beschriebenen Lenkgetriebe wie folgt:

Die Lenkgetriebe werden mit ihren Anschlüssen 5, 6 an der üblichen Position der gelenkten Achse eines Kraftfahrzeugs angebracht. Die Spurstangen 7, 8 werden mit den Lenkhebeln des jeweiligen Achsschenkels verbunden, so daß bei einer Bewegung der Zahnstange in ihrer Längsrichtung die Radwinkel der am jeweiligen Achsschenkel befestigten Räder verändert werden. Die Verlagerung der Zahnstange innerhalb des Lenkgehäuses 4 bzw. innerhalb der Lenkgehäuse 20, 21 wird in Abhängigkeit von der Stellung eines Bedienorgans, üblicherweise eines Lenkrades, oder von einem autonomen Fahrstabilitätssystem durch Bestromung der Stellmotoren 2, 3 bewirkt, wobei diese Stellmotoren über ihre Motorwelle 17, 18 und das Untersetzungsgetriebe 15, 16 auf die Ritzelwelle 11, 12 wirken. Die Ritzelwelle wiederum steht wie bei herkömmlichen Zahnstangenlenkungen mit der Zahnstange in Eingriff und verlagert die Zahnstange in ihrer Längsrichtung, sofern die Ritzelwelle gedreht wird.

Bei der Vorrichtung gemäß Fig. 2 können die beiden Zahnstangenabschnitte zumindest in geringem Maße unabhängig voneinander bewegt werden, so daß die Radwinkel der beiden von den Spurstangen 7, 8 betätigten Räder unabhängig voneinander variiert werden können.

Im Betrieb wird die Zahnstangenlenkung gemäß Fig. 1 vorzugsweise so angesteuert, daß beiden Stellmotoren 2, 3 simultan etwa 50% der zur Betätigung der Lenkung erforderlichen Antriebskräfte aufbringen. Auf diese Weise ist gewährleistet, daß eine Funktionsstörung eines der beiden Stellmotoren 2, 3 unmittelbar erkannt wird. Bei alternierender Betriebsweise könnte in einem Stellmotor während seiner lastfreien Zeit ein Fehler auftreten, der erst bei der nächsten Bestromung des jeweiligen Motors detektiert wird.

Bei der Zahnstangenlenkung gemäß Fig. 2 können anders als in der Ausführungsform gemäß Fig. 1 die beiden Stell-

motoren 2, 3 mit unterschiedlichen Steuersignalen angesteuert werden. So ist beispielsweise vorgesehen, mit unterschiedlichen Radeinschlagswinkeln die Spurfeder bei Kurvenfahrt mit geringem Radius auszugleichen, die bei herkömmlichen Kraftfahrzeuglenkungen notwendigerweise auftreten. Es ist auch vorgesehen, im Betrieb die Vorspur der gelenkten Räder zu variieren, so daß bei ungebremster Geradeausfahrt ein möglichst geringer Fahrwiderstand erzielt wird und bei starker Bremsung oder Beschleunigung des Fahrzeugs sowie bei stark ein- oder ausgefedertem Fahrzeug die Vorspur im Sinne eines möglichst stabilen Geradeauslaufs zu verändern.

Die insoweit beschriebenen Lenkgetriebe sind auch für elektrisch betriebene Kraftfahrzeuglenkungen vorgesehen, die keine mechanische Zwangskopplung zwischen dem Lenkrad und dem Lenkgetriebe besitzen. Folglich ist aus Sicherheitsgründen eine redundante Auslegung des Antriebs sinnvoll. Dieser Anforderung wird dadurch Rechnung getragen, daß im Betrieb beide Stellmotoren ständig arbeiten und beim Ausfall eines Stellmotors der jeweils andere Stellmotor die Lenkfunktion vollständig übernehmen kann. Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 2 ist hierzu vorgesehen, daß die beiden Zahnstangenabschnitte in einem solchen Fall starr durch eine Kupplung miteinander gekoppelt werden können, beispielsweise über eine Klauenkupplung.

Vorteile hinsichtlich der Unterbringung der Lenkgetriebe im Kraftfahrzeug ergeben sich gegenüber dem Stand der Technik, weil die Anordnung der Stellmotoren 2, 3 mit ihrem dazugehörigen Zahnradgetriebe im wesentlichen beliebig ist. Sie können in jeder beliebigen Winkelstellung zu der Zahnstange angeordnet werden. Außerdem ist der Abstand der beiden Stellmotoren voneinander variabel. Sie können, wie in der Fig. 1 dargestellt, zur gleichen Seite weisen, sie können auch einander zugewandt oder abgewandt montiert werden. Diese Variationsmöglichkeiten geben dem Kraftfahrzeugkonstrukteur große Freiheiten hinsichtlich der Raumausnutzung.

Wenn auf eine Zwangskopplung zwischen dem Lenkrad und dem Lenkgetriebe nicht verzichtet werden soll, so bietet die erfindungsgemäße Vorrichtung ebenfalls Vorteile. Bei den Ausführungsformen gemäß Fig. 1 und Fig. 2 kann eine Ritzelwelle 11, 12 unmittelbar mit der Lenksäule eines Kraftfahrzeugs verbunden werden. Selbst im unwahrscheinlichen Fall, daß beide Stellmotoren ausfallen, kann die Lenkung dann mechanisch betätigt werden. Die dargestellten Ausführungsformen haben hierbei den großen Vorteil, daß beide Ritzelwellen 11, 12 für den Anschluß einer Lenksäule vorbereitet sein können. Dann kann für linksgesteuerte Fahrzeuge und für rechtsgesteuerte Fahrzeuge ein identisches Lenkgetriebe verwendet werden.

Zu den Anforderungen, die an elektrisch betätigte Lenkgetriebe gestellt werden, gehört unter anderem auch eine große Bandbreite möglicher Betätigungsgeschwindigkeiten vom sehr langsamen Lenkungseinschlag beispielsweise in Autobahnkurven bis hin zu einem sehr schnellen Lenkeinschlag beispielsweise bei ruckartigem Gegensteuern in kritischen Situationen oder auch bei Paßfahrten. Die Modulationsfähigkeit der dargestellten Lenkgetriebe wird positiv dadurch beeinflusst, daß die jedem einzelnen Stellmotor zugeordneten angetriebenen Massen relativ klein sind, so daß diese schnell beschleunigt und abgebremst werden können.

Bei der Übersetzung der Stellmotoren zu der Zahnstange kann eine variable Übersetzung vorgesehen sein, was die sich über den vollen Radeinschlagswinkel ändernden Stellkräfte in einen gleichmäßigen Drehmomentverlauf übersetzt. So können Bereiche mit hoher Stellkraft derart unterteilt werden, daß Stellmotoren mit relativ geringer Antriebsleistung ausreichend sind. Diese Variabilität ist bei

zwangsgekoppelten Lenkungen nur eingeschränkt nutzbar, weil sie nicht notwendigerweise ergonomisch sinnvoll ist.

Für die Vorrichtung gemäß Fig. 1 und Fig. 2 sind auch zahlreiche andere Ansteuerungsmöglichkeiten denkbar, die hier nicht beschrieben worden sind.

#### Patentansprüche

1. Kraftfahrzeuglenkung mit zwei auf eine gemeinsame Zahnstange (4) wirkenden Stellmotoren (2, 3), **dadurch gekennzeichnet**, daß die Stellmotoren (2, 3) über (4) in Eingriff stehen. 10
2. Kraftfahrzeuglenkung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Stellmotoren (2, 3) Elektromotoren sind. 15
3. Kraftfahrzeuglenkung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß jedem Stellmotor (2, 3) ein separates Gehäuse zugeordnet ist.
4. Kraftfahrzeuglenkung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eines der beiden Ritzel (11, 12) mit einer Lenksäule des Kraftfahrzeugs mechanisch koppelbar oder zwangsgekoppelt ist. 20
5. Kraftfahrzeuglenkung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß beide Ritzel (11, 12) zur mechanischen Zwangskopplung mit einer Lenksäule vorbereitet sind. 25
6. Kraftfahrzeuglenkung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Betrieb die Stellmotoren (2, 3) gleichzeitig wirken und vorzugsweise im zeitlichen Mittel die erforderliche Antriebsleistung zu gleichen Teilen erbringen. 30
7. Kraftfahrzeuglenkung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Stellmotoren (2, 3) derart dimensioniert sind, daß jeweils ein einzelner Stellmotor (2, 3) die im Betrieb erforderliche maximale Antriebsleistung nicht oder nicht dauerhaft erzeugen kann. 35
8. Kraftfahrzeuglenkung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Ausfall eines Stellmotors (2, 3) der jeweils andere Stellmotor (3, 2) so angesteuert wird, daß er zeitweise die gesamte oder nahezu die gesamte Antriebsleistung aufbringt. 40
9. Kraftfahrzeuglenkung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Zahnstange zwei Abschnitte aufweist, die zueinander in Längsrichtung der Zahnstange verschieblich gelagert sind, wobei jeweils ein Stellmotor (2, 3) mit einem zugeordneten Zahnstangenabschnitt in Eingriff steht. 45
10. Kraftfahrzeuglenkung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Zahnstangenabschnitte eine Kupplung aufweisen, die im eingerückten Zustand die Abschnitte starr verbindet. 50
11. Kraftfahrzeuglenkung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Ausfall eines Stellmotors (2, 3) die Kupplung eingerückt wird. 55

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

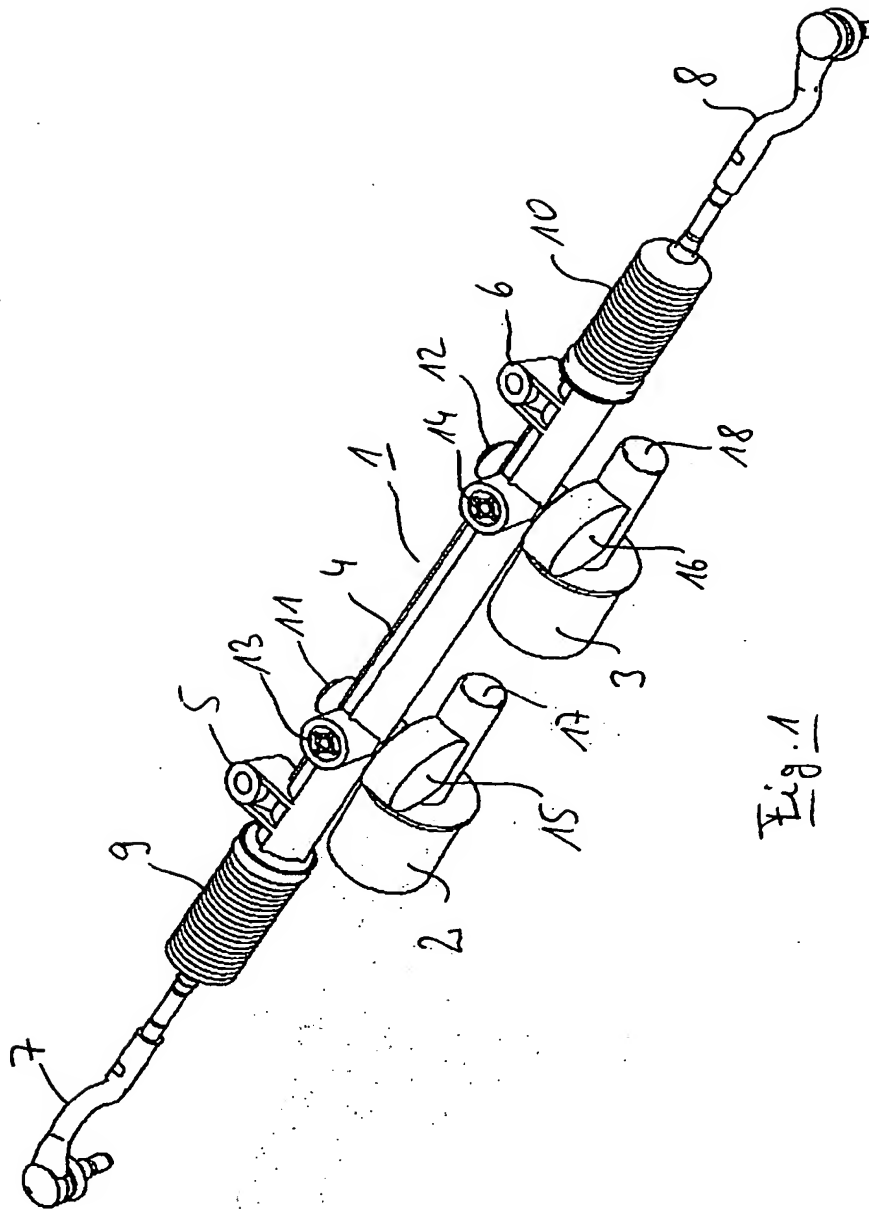


Fig. 1

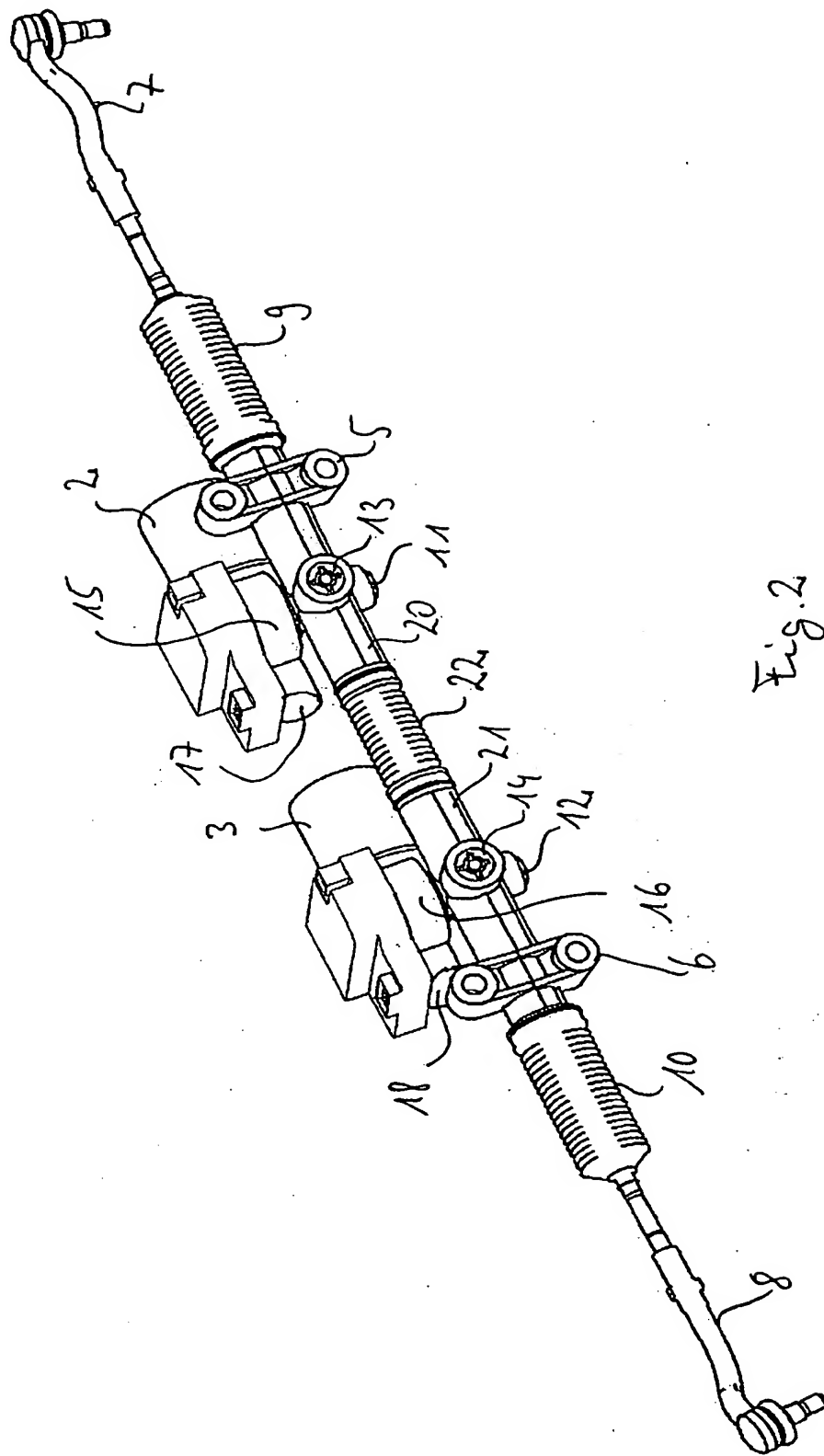


Fig. 2